

PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS

SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO DE MÁQUINAS AUTOMÁTICAS DE VENTA



INDICE

1. OBJETO	2
2. DISPOSICIONES Y NORMAS DE APLICACIÓN	2
3. TÉRMINOS Y DEFINICIONES.....	2
4. ALCANCE TÉCNICO	4
5. RECURSOS TÉCNICOS	16
6. PLAZO Y CONDICIONES DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS	16
7. REQUISITOS DE SEGURIDAD, SALUD Y MEDIO AMBIENTE	19
8. DOCUMENTACIÓN Y SOFTWARE A ENTREGAR	21
9. INDICADORES DE SERVICIO– PENALIZACIONES	21
10. PRESENTACIÓN DE OFERTAS	22

Control del documento:

Versión	Fecha	Código
1.0	15-11-18	PL-MI-IOPE-18-00-0067

1. OBJETO

El presente Pliego de Prescripciones Técnicas tiene como objeto la descripción de las prescripciones técnicas para la contratación de un sistema de análisis predictivo del mantenimiento de máquinas automáticas de venta.

El principal objetivo es la obtención de un sistema con capacidad de predecir incidencias de las máquinas automáticas de venta en base a la información de operación y monitorización de los equipos, con antelación suficiente para permitir la actuación, como herramienta para la mejora del mantenimiento de las máquinas.

2. DISPOSICIONES Y NORMAS DE APLICACIÓN

En general, serán de aplicación cuantas prescripciones figuren en las Disposiciones, Normas, Instrucciones o Reglamentos Oficiales, que guarden relación con los servicios de sistemas de información como los que son objeto de esta contratación, y que se hallen en vigor en España en el momento de tramitar esta licitación.

Los trabajos objeto del contrato se llevarán a efecto mediante la plena observancia y cumplimiento de todas las disposiciones legales vigentes, actuales y futuras, que afecten a dichos trabajos, ya se trate de leyes, reglamentos, ordenanzas, instrucciones o normas de cualquier otro rango que resulten obligatorias, ya sean de ámbito comunitario, nacional, autonómico o local.

Entre tales disposiciones, y a título de relación no exhaustiva, se destaca la necesidad de dar cumplimiento a todas las normas jurídicas vigentes relativas a las siguientes actividades:

- Prevención de Riesgos Laborales.
- Seguridad y Salud en los Lugares de Trabajo.
- Medio ambiente y protección medioambiental.
- Norma UNE-EN 60950. Seguridad de equipos de tecnología de la información.
- Norma ISO 9001. Sistemas de Gestión de la Calidad.

Especialmente, el contratista estará obligado a cumplir los procedimientos que Metro de Madrid, S.A. tiene establecidos, o pueda establecer en el futuro, para los trabajos que se realicen en sus instalaciones, de los que será cumplidamente informado antes del inicio de los mismos, con objeto de que pueda trasladar dicha información a sus trabajadores, quienes deberán cumplirla debidamente.

3. TÉRMINOS Y DEFINICIONES

A efectos del presente documento se entenderá por:

- “Licitador”: Empresa que presenta una Oferta para la realización de los trabajos objeto de este Pliego.

- “Contratista”: Empresa adjudicataria del servicio objeto de este Pliego.
- “METRO”: Metro de Madrid, S.A.
- “Elemento”: parte, componente, dispositivo subsistema, unidad funcional, equipo o sistema que puede describirse y considerarse de forma individual.
- “Fabricante”: persona física o jurídica que se responsabiliza del diseño, fabricación y puesta en el mercado de equipos completos o componentes para las máquinas automáticas de venta.

A continuación, se desarrolla un glosario de términos que aparece a lo largo del Pliego con el objetivo de ayudar a la comprensión de la terminología utilizada en el presente documento.

ACRÓNIMO	SIGNIFICADO	OBJETO
COMMIT	Centro de Operaciones de Mantenimiento, Monitorización de Instalaciones y Telecomunicaciones	Centro para el mantenimiento de todos los sistemas de explotación, equipos electromecánicos y de Telecomunicaciones que se encuentran instalados en la red de explotación.
METTA	Máquina Expendedoras de Títulos de Transporte Automáticas	Equipos de venta automática que expenden y recargan tarjetas sin contacto y que admiten como modo de pago monedas, billetes de banco y pago electrónico.
MAVE	Máquina Automática de Venta en Exterior	Equipos de venta automática que se pueden situar en superficie en el exterior. Expenden y recargan tarjetas sin contacto, admiten pago electrónico y pago con monedas y billetes de banco, con precio exacto.
MARTTP	Máquina Automática de Recarga de Títulos de Transporte Público	Equipos de venta automática que cargan y recargan tarjetas sin contacto y que admiten como modo de pago exclusivamente tarjetas bancarias.
VAPE	Venta Automática Pago Electrónico	Equipos de venta automática que expenden y recargan tarjetas sin contacto y que admiten como modo de pago exclusivamente las tarjetas bancarias.
SCADA	Sistema de Adquisición de Datos	Sistema centralizado para adquirir los datos de los sistemas de venta y peaje
TTP	Tarjeta de Transporte Público	Tarjeta emitida por el CRTM y dotada de interface sin contacto que alberga títulos de transporte de distintas características y coberturas.

A lo largo del presente documento, se hace referencia de forma genérica a cualquiera de los equipos de venta como “máquina automática de venta” o “máquina de venta”, independientemente de las diferentes tipologías existentes.

4. ALCANCE TÉCNICO

El alcance de la presente contratación es la realización de un sistema de análisis predictivo para el mantenimiento de máquinas automáticas de venta.

El alcance de esta contratación contempla el diseño de la arquitectura hardware y software, el método de procesamiento de datos, el desarrollo y entrega de los modelos predictivos construidos, así como el análisis de viabilidad de la implementación del sistema en entorno real y la redacción de las especificaciones técnicas correspondientes para la implantación de la solución obtenida.

La información base sobre la que deben trabajar los modelos será la información de operación, monitorización y mantenimiento de las máquinas de venta que recopilan los sistemas de Metro de Madrid. Mediante el empleo de técnicas de aprendizaje automático se pretende que el sistema sea capaz de predecir posibles incidencias en las máquinas automáticas de venta. Un elemento clave para la aplicación de los resultados obtenidos al mantenimiento es el tiempo de anticipación con el que el sistema identifique posibles averías, ya que el tiempo debe dar un plazo suficiente que permita que se pueda actuar proactivamente, lo que conllevaría una mejora en el mantenimiento de los equipos.

Como resultado de los modelos desarrollados se expondrá la capacidad del sistema de identificar patrones de fallo, así como el plazo de tiempo desde que se detecta hasta que realmente se produce una incidencia en el equipo que afecta a sus funcionalidades.

Para el desarrollo de los modelos se trabajará con un conjunto de datos estático, analizando los datos registrados por los sistemas de explotación de Metro durante un periodo de tiempo dado, que debe valorar la posibilidad de implementar el sistema diseñado en un entorno en explotación donde el algoritmo final obtenido debe tratar la información en casi tiempo real. Los algoritmos de aprendizaje automático dotarían al sistema en el entorno de explotación de capacidad para identificar nuevos patrones de fallo y permitir por lo tanto un proceso de mejora continua en el mantenimiento de las máquinas de venta.

El alcance contempla la preparación de una propuesta para el traslado de la solución a un entorno en producción, considerando la arquitectura necesaria a nivel de hardware y software, y especificando los costes estimados para su materialización.

4.1. ANTECEDENTES

4.1.1. SCADA de Venta y Peaje

El sistema SCADA de Venta y Peaje será la principal fuente de información para el desarrollo del sistema objeto de esta licitación.

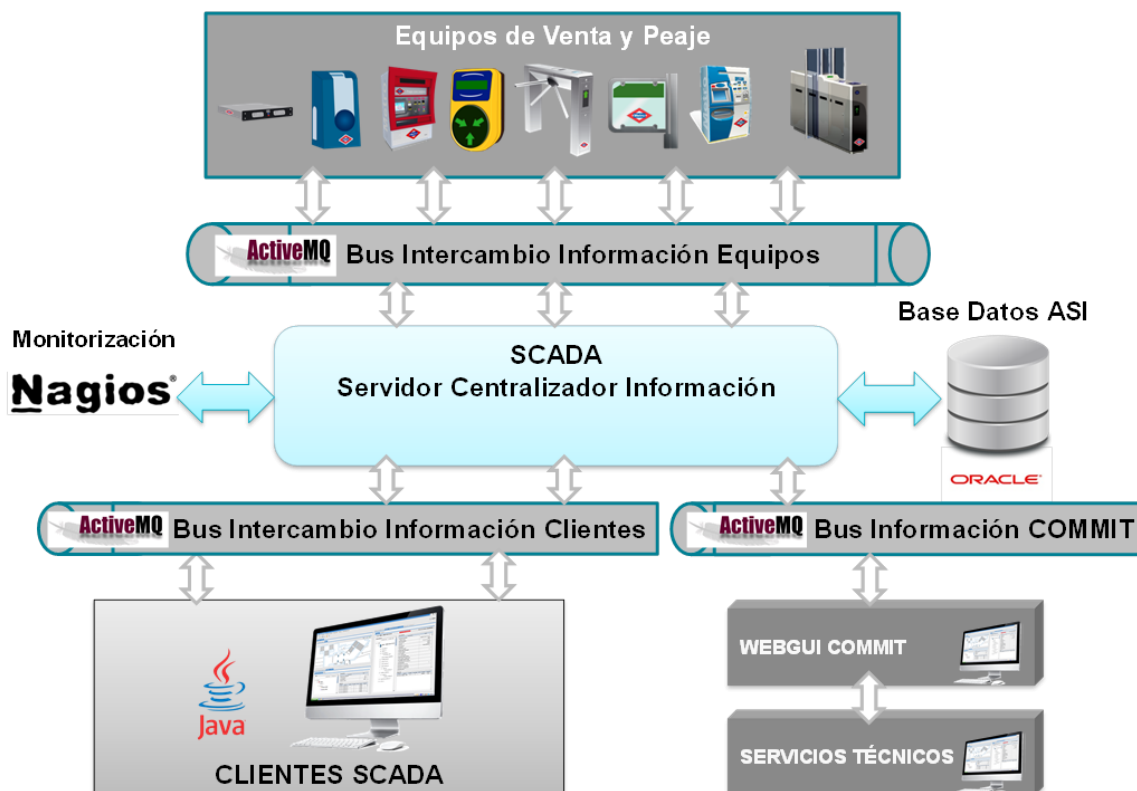
El sistema SCADA de Venta y Peaje se encarga de la monitorización de los equipos de venta y peaje de la explotación de Metro de Madrid. A su vez proporciona diversas opciones de teleactuación con los equipos.

En concreto en las máquinas de venta, el SCADA de Venta y Peaje recaba la información de las operaciones realizadas por las máquinas de venta. Se registran las operaciones realizadas por los viajeros para la adquisición o gestión de títulos así como las actuaciones realizadas en la máquina por el personal como parte de la explotación de Metro. El sistema recibe de los equipos instalados en las estaciones la información de monitorización (alarmas y estados).

Los principales aspectos del sistema SCADA de Venta y Peaje a tener en cuenta en esta licitación son los siguientes:

- Estandarización del interfaz de comunicaciones con los equipos de venta y peaje, así como el formato y contenido de la información intercambiada con ellos.
- Recepción, procesamiento y almacenamiento de los datos resultado de las operaciones de venta y peaje, así como de las alarmas y estados generados por los equipos de campo.
- Envío de órdenes de operación para proporcionar capacidades de telemando sobre los equipos de venta y peaje en campo.
- Envío de datos de configuración a los equipos de venta y peaje considerando su tipología y especificidad.
- Seguimiento y conocimiento actualizado de las versiones de software y ficheros de configuración instalados en los equipos de venta y peaje.
- Intercambio de información sobre las ventas y peajes con los sistemas contables de Metro de Madrid.
- Intercambio de información con el centro COMMIT sobre las alarmas de los equipos de venta y peaje en campo.

El siguiente diagrama muestra la estructura del sistema SCADA:



La comunicación de los equipos de venta y peaje con el SCADA se realiza mediante mensajería JMS ActiveMQ.

El sistema SCADA de Venta y Peaje constituye la principal fuente de información para el modelo de mantenimiento predictivo solicitado en esta licitación, al ser el sistema encargado del tratamiento de los datos de monitorización (alarmas y estados) y de datos transaccionales (Ventas, canjes, devoluciones, recargos, recaudaciones, registros contables, etc.).

La información del sistema SCADA de Venta y Peaje se encuentra en una base de datos Oracle.

4.1.2. Tipologías de Máquinas Automáticas de Venta

Metro de Madrid tiene instaladas en todos los vestíbulos de su red máquinas automáticas de venta de títulos de transporte, para facilitar a los clientes la adquisición de cualquier título de transporte válido en la red de Metro. Dichas máquinas permiten además realizar una serie de operaciones por parte del personal de estaciones en su cometido diario. Las máquinas permiten realizar Canjes, Devoluciones, imprimir Justificantes del Servicio, expender Autorizaciones de un 1 viaje, etc.

Existen diferentes tipologías de máquinas automáticas de venta según las posibilidades de venta de títulos y opciones de pago permitidas.

- Máquinas METTA

Las máquinas automáticas tipo METTA (Máquina Expendedora de Títulos de Transporte Automática) son las más numerosas en la red de Metro de Madrid, admiten todo tipo de medios de pago (Moneda, Papel Moneda, Pago electrónico), y permiten al cliente la obtención de tarjetas de transporte (TTP) y la grabación o regrabación del título de transporte deseado. En parte de las máquinas no existe la posibilidad de obtención de tarjetas de transporte, al no contar con dispensadores de tarjetas TTP.



Máquina tipo METTA-INDRA

Máquina tipo METTA-KAPSCH

Existe una serie posterior de máquinas tipo METTA adaptadas a la normativa de accesibilidad (Real Decreto 1544/2007-Condición básicas de accesibilidad y no discriminación para el acceso y utilización de los modos de transporte para personas con discapacidad; Decreto 13/2007-Reglamento Técnico de Desarrollo en Materia de Promoción de la accesibilidad y supresión de barreras arquitectónicas). Funcionalmente las máquinas contemplan las mismas posibilidades que las máquinas tipo METTA adquiridas previamente, con el único añadido de que estas máquinas tienen la posibilidad en el pago de realizar devolución de billetes.

- Máquinas VAPE

Las máquinas automáticas tipo VAPE (Máquinas de Venta Automática mediante Pago Electrónico) tienen las mismas especificaciones que las máquinas tipo METTA, pero no admiten pago con moneda ni papel moneda, admiten únicamente pago electrónico. En parte de las máquinas VAPE no existe la posibilidad de obtención de tarjetas de transporte, al no tener instalados dispensadores de tarjetas TTP.



Máquina tipo VAPE-INDRA



Máquina tipo VAPE-KAPSCH

- Máquinas MAVE

Las máquinas automáticas tipo MAVE (Máquina Automática de Venta en Exterior) son equipos preparados para ser instalados a la intemperie que permiten al cliente la obtención de tarjetas de transporte (TTP) y la grabación o regrabación del título de transporte deseado, y admiten pago electrónico y pago en efectivo (con monedas o billetes) en precio exacto, no teniendo

posibilidad de devolución de efectivo. Todas las máquinas tienen la posibilidad de obtención de tarjetas de transporte.



Máquina tipo MAVE-INDRA

- Máquinas MARTTP

Las máquinas automáticas tipo MARTTP (Máquinas Automáticas de Recarga de Títulos de Transporte Público) permiten al cliente la grabación o regrabación del título de transporte y admiten solamente el Pago electrónico.



Máquina tipo MARTTP-INDRA

4.1.3. Remedy

Remedy es el sistema utilizado en el centro COMMIT para la gestión del ciclo completo de las incidencias desde la tipificación y registro de la incidencia hasta su cierre. El sistema permite la

identificación de problemas asociados a la aparición de varias incidencias o por incidencias que se repiten.

Se trata de la principal herramienta utilizada en el centro COMMIT, por los agentes de Help Desk que reciben las llamadas del personal de las estaciones para comunicar incidencias en las instalaciones, pero también utilizada desde los puestos de segundo nivel de COMMIT donde se pueden generar las incidencias a partir de la monitorización de los equipos de la explotación de Metro por parte de personal especializado en las diferentes instalaciones.

En el marco de estos trabajos la información de las incidencias registradas es relevante al indicar cuando una incidencia o avería se manifiesta y es percibida desde el punto de vista del usuario o el personal encargado de la operación de las instalaciones. Adicionalmente en el registro de las incidencias se informa del grado de afección del equipo, indicándose si el equipo se encuentra en funcionamiento, con funcionamiento disminuido o parado por la avería.

La información de gestión de las incidencias del sistema Remedy se almacena en una base de datos Oracle.

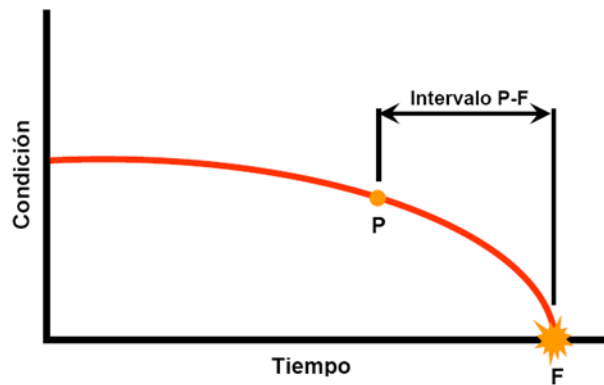
4.1.4. Mantenimiento Predictivo

El mantenimiento predictivo son una serie de acciones que se toman y técnicas que se aplican con el objetivo de detectar posibles fallos y defectos de máquinas en las etapas incipientes para evitar que estos fallos se manifiesten en uno más grande durante su funcionamiento, evitando que ocasionen paros de emergencia y tiempos muertos, causando impacto operativo y financiero negativo. Su misión es conservar un nivel de servicio determinado en los equipos programando las revisiones en el momento más oportuno. Suele tener un carácter sistemático, es decir, se interviene, aunque el equipo no haya dado ningún síntoma de tener problemas.

El requisito para que se pueda aplicar una técnica predictiva es que el fallo incipiente genere señales o síntomas de su existencia (tales como alta temperatura, vibraciones, alarmas, etc.), de forma temprana y previa a la pérdida de funcionalidades de la máquina.

Esta señal o síntoma (o su combinación) es la denominada **condición de monitorización** que se puede controlar mediante la toma de datos sobre la máquina de forma continua o a intervalos sistemáticos de inspección. Cuando la condición de monitorización alcanza un determinado **Valor P (Predictivo)**, existe un alto grado de probabilidad de que la máquina termine fallando en un tiempo determinado, que es cuando la condición de monitorización alcanza el **Valor F (Fallo)**.

Es por ello, que se debe de programar una acción de mantenimiento para subsanar los problemas de la máquina una vez acontecido el Valor P y siempre antes del Valor F, es decir en el **Intervalo de Tiempo P-F**.



Intervalo P-F de Mantenimiento Predictivo

En el caso que nos ocupa, se disponen de un elevado número de señales (alarmas, parámetros de configuración, etc.) en tiempo real de cada máquina de venta y se propone construir para cada marca y modelo de máquina las condiciones de monitorización que permitan anticiparse al fallo de las mismas, teniendo en cuenta que el **Intervalo P-F** debe ser lo suficientemente largo para que se pueda detonar una acción de mantenimiento sobre la máquina antes de que se produzca el fallo.

4.2. CONJUNTO DE DATOS Y NATURALEZA DE LOS MISMOS

El sistema SCADA de Venta y Peaje es la principal fuente de datos de monitorización de los equipos de venta y peaje de Metro. En este apartado se hace una breve introducción sobre los datos registrados de los equipos por el sistema SCADA de Venta y Peaje a modo orientativo.

Se hará entrega al Contratista, como referencia para la ejecución de los trabajos, de la última versión vigente del documento “ESPECIFICACIÓN DEL MODELO DE DATOS PARA VENTA”, al tratarse de un documento en continua adaptación para recoger las modificaciones necesarias en la operación de los equipos de la explotación de Metro.

Los algoritmos deberán tener en cuenta la información indicada a continuación. Sin perjuicio de esto, en los trabajos preliminares con el Contratista se podría considerar incluir información adicional, que pueda enriquecer los resultados del modelo a desarrollar.

Tipologías y Número de equipos

El volumen de equipos de venta en la explotación de Metro actualmente es de 1.250 equipos. Como consecuencia de la ejecución de otras actuaciones de Metro este número de equipos podría variar, por lo que los licitadores deberán considerar estos datos únicamente a título orientativo.

Existen diferentes tipologías de equipos según las opciones de venta y de pago que contemplan, como se detallaba en el apartado 4.1.2.-*Tipologías de Máquinas Automáticas de Venta*. Las tipologías implican diferencias en los dispositivos que tienen instaladas las máquinas de venta.

En la actualidad existen equipos de venta de 2 fabricantes: Indra y Kapsch TrafficCom Transportation.

Actualmente se pueden clasificar las máquinas automáticas de venta en los siguientes grupos:

Tipo de máquina	Fabricante	
	INDRA	KAPSCH
METTA con Dispensador TTP	X	X
METTA sin Dispensador TTP	X	X
METTA PMR con Dispensador TTP	X	X
MAVE con Dispensador TTP	X	
VAPE con Dispensador TTP	X	X
VAPE sin Dispensador TTP	X	X
VAPE PMR con Dispensador TTP	X	X
VAPE PMR sin Dispensador TTP	X	
MARTTP sin Dispensador TTP	X	

Datos Independientes (para la elaboración de la condición de monitorización Valor P)

- **Alarmas**

Registros de información de situaciones anómalas en el funcionamiento de los equipos o sus dispositivos, o de información de situaciones que puedan requerir de acciones por parte del personal encargado de la operación de las máquinas. Estas alarmas son enviadas a SCADA por los equipos. A su vez hay alarmas que pueden ser generadas por el propio sistema SCADA por circunstancias concretas (pérdidas de comunicación, cambios en la configuración, problemas de integridad de información, etc.).

- **Configuración**

Registros con datos de configuración de los equipos y de los dispositivos con los que cuentan, incluye los modelos instalados y las versiones de aplicación que utilizan las máquinas de venta.

- **Transacciones de venta**

Registros con la información de las operaciones de venta de títulos de transporte realizadas por las máquinas de venta. Recopila toda la información de las ventas incluyendo el detalle contable de la operación (Título, perfil, colectivo, tipo de pago, importe pagado, importe devuelto, etc.).

- **Ubicación**

Datos de localización de los equipos. Indican la línea, estación y vestíbulo donde se encuentran las máquinas en la red de Metro.

Datos dependientes (para la elaboración de la condición de monitorización Valor F)

- **Estados**
Registros con información que indica el modo de trabajo en que se encuentran las máquinas y el estado de sus dispositivos.
- **Avisos de incidencia**
Datos de las incidencias registradas en la operación diaria de las máquinas de venta en la red de Metro. Son registradas en el centro COMMIT por los agentes de Help Desk de acuerdo a la información recibida desde las estaciones o por personal especializado de Segundo Nivel de Mantenimiento. Incluye información sobre el estado de funcionamiento del equipo con la incidencia (en funcionamiento, fuera de servicio o disminuido).

A continuación, se muestra el volumen de información del sistema SCADA de Venta y Peaje como orientación.

Tipo de Registros	Nº de registros mensual
Alarmas (Venta y Peaje)	3.300.000
Ventas (Venta)	5.400.000
Estados (Venta)	6.300.000
Validaciones (Peaje)	108.000.000
Estados (Peaje)	10.800.000

El Contratista y Metro acordarán previamente, como parte de los trabajos preliminares, el periodo de tiempo a considerar para el desarrollo y calibración de los modelos, debiendo tenerse en consideración **como mínimo la información correspondiente a un periodo de 3 meses**.

4.3. DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS

Esta licitación contempla todas las tareas necesarias para completar el desarrollo y definición de un sistema de análisis predictivo aplicado al mantenimiento de las máquinas automáticas de venta.

Se utilizará KNIME o herramienta alternativa para el ensayo y desarrollo de los modelos de mantenimiento predictivo.

En la oferta técnica, los licitadores indicarán la herramienta o herramientas propuestas teniendo en cuenta que en el caso de optar por herramienta o herramientas alternativas, diferentes de

KNIME, se deberá justificar convenientemente las características y adecuación técnica de dichas herramientas, así como reseñar las posibles ventajas que pueda suponer su utilización.

En cualquier caso, la utilización de KNIME u otra solución alternativa deberá ser aprobada por Metro.

A continuación se describen las diferentes fases que desglosan las actividades para la realización de los trabajos:

- Obtención de datos

Carga de los datos desde las distintas fuentes de información. Se trabajará con un conjunto de datos estático para un periodo de tiempo establecido.

Información de SCADA: será facilitada por parte de Metro a través de una copia de Base de Datos.

Información de Remedy: será facilitada por parte de Metro a través de ficheros o tablas de intercambio.

- Preparación de datos

Filtrado, depuración y validación de datos, para obtener un conjunto de datos de una calidad adecuada de cara a su posterior procesamiento y análisis. Tratamiento de errores, duplicados y problemas de integridad de la información.

- Procesamiento de datos

Tratamiento y homogeneización de los datos para obtener una estructura de datos con un formato y una organización que faciliten su posterior análisis.

- Análisis estadístico de los datos

En esta fase previa se efectuará un análisis estadístico de los datos. **Para cada Marca/Modelo de Máquina de Venta (15 Tipos)** se realizará un análisis estadístico básico:

- 1. Estadísticas Básicas de cada Variable (y tipo de máquina):** para cada variable tanto dependiente como independiente se presentarán
 - a. Datos estadísticos básicos respecto al t (tiempo): valor medio, mediana, tendencia, posición, dispersión, asimetría, etc.
 - b. Las 3 distribuciones normalizadas que mejor se ajustan a la colección de datos de cada variable, con indicación de su grado de ajuste.
 - c. Se comprobará la existencia o no de estacionalidad de cada colección de datos de cada variable (por días y horas).
- 2. Correlaciones y Análisis Multivariante para cada Variable (y tipo de máquina):** para cada variable tanto dependiente como independiente se presentarán los estudios de correlación y análisis multivariante (componentes principales, factorial, discriminante, correlación canónica, etc.) con el resto de variables independientes (a priori) y dependientes.

- Ensayo y creación de modelos predictivos

En esta fase se realiza propiamente el ensayo y búsqueda de patrones de relación entre los datos. Como parte del análisis predictivo se debe realizar la selección y aplicación de las técnicas analíticas y estadísticas sobre el conjunto de datos, para a continuación construir los modelos correspondientes.

Para cada Marca/Modelo de Máquina de Venta (15 Tipos) se realizará un análisis descriptivo del set de datos, identificando las posibles relaciones de variables independientes o dependientes (sin descartar potenciales dependencias entre las variables independientes) al objeto de:

1. **Identificar la o las condiciones de monitorización.**
2. **Determinar el Valor P.**
3. **Determinar el Valor F.**
4. **Determinar el Intervalo P-F.**
5. **Estimar el grado de confiabilidad de la condición de monitorización**, es decir, la probabilidad en % de que una vez acontecido el Valor P, finalmente ocurra el Valor F.

Para el hallazgo y la calibración de los modelos predictivos se podrá utilizar una parte del conjunto de datos, pero obligatoriamente para la validación los modelos se aplicarán sobre el resto de la muestra de datos, comprobando la validez de los resultados obtenidos en cada caso. La **validez del modelo** se medirá en base a:

- La calidad de las predicciones (grado de confiabilidad de la condición de monitorización).
- El mayor tiempo de anticipación a la aparición de la incidencia en la máquina de venta (Intervalo P-F).

- Resultados y conclusiones

El contratista realizará un **Informe de Viabilidad de Implantación de Mantenimiento Predictivo en Máquinas de Venta** en el que se detallen los análisis, ensayos y herramientas empleadas, así como los resultados y conclusiones obtenidos:

1. Se explicará de forma detallada la **Arquitectura de Tecnologías de Información y de Análisis Estadístico empleados**, tanto hardware como software, con indicación expresa de los recursos técnicos y humanos utilizados en cada fase y los tiempos medios de procesamiento de cada prueba/ensayo. Se presentarán los diagramas de flujo de datos, almacenamiento, procesamiento, etc., necesarios para la adecuada comprensión del modelo empleado.
2. **Proceso de Carga de los Datos** desde las distintas fuentes de información. Se explicará detalladamente y con la ayuda de diagramas de flujo, los Proceso de Carga de los Datos, con indicación de volúmenes de cada BB.DD. y tiempos de procesamiento empleados.
3. Resultados del filtrado, depuración y validación de datos. Tratamiento de errores, duplicados y problemas de integridad de la información. **Nivel de sesgo realizado a cada variable y motivo.**

4. Resultados de la homogeneización de los datos. **Arquitectura de Datos Homogeneizada** resultante con detalle de tablas, campos, campos clave, tamaños, etc.
5. Resultados del **Análisis Estadístico de los Datos**. Se entregarán como anexos todos los análisis realizados de todas y cada una de las variables objeto de esta contratación. En el cuerpo del informe se incluirán aquellos hallazgos estadísticamente relevantes; correlación, estacionalidad, función distribución, etc.
6. Resultados de los ensayos para la creación de **Modelos Predictivos**. Se entregarán como anexos todos los análisis realizados. En el cuerpo del informe se incluirán aquellos hallazgos estadísticamente relevantes y que hayan superado la validación con indicación expresa y detallada para cada Modelo Predictivo de:
 - Marca y Modelo de Máquina a aplicar.
 - Variable, Variables o Combinaciones de Variables (algoritmo de variables) de la Condición de Monitorización del Valor P y del Valor F.
 - Valor P de la Condición de Monitorización (valor concreto del algoritmo de variables que detona una actuación de mantenimiento ante el cercano fallo de la máquina).
 - Valor F de la Condición de Monitorización (valor concreto del algoritmo de variables que determina que la máquina ha fallado).
 - Intervalo P-F (Tiempo transcurrido entre el Valor P y el Valor F). Se presentarán los datos estadísticos básicos del Intervalo P-F: valor medio, mediana, tendencia, posición, dispersión, asimetría, distribución de ajuste, etc.
 - Grado de confiabilidad de la condición de monitorización, es decir, la probabilidad en % de que una vez acontecido el Valor P, finalmente ocurre el Valor F.
7. **Conclusiones Finales**. En este apartado se deberá efectuar un análisis técnico-económico (VAN-TIR) de potencial implantación de los Modelos Predictivos validados teniendo en cuenta:
 - Los costes estimados de desarrollo e implantación de la arquitectura de TI's y Herramientas de Análisis para una solución en el entorno real de explotación y en tiempo real. Este Módulo de Mantenimiento Predictivo se debe de integrar en el actual Sistema SCADA de Venta y Peaje.
 - Los ahorros estimados por cada avería evitada (tiempos de parada, mano de obra, etc.). Estos datos unitarios de ahorro serán facilitados por Metro al Contratista.

- Especificaciones Técnicas del Módulo de Mantenimiento Predictivo

En base a los resultados obtenidos y plasmados en el Informe del Proyecto, Metro decidirá si se considera viable operativamente la implantación del sistema de análisis predictivo, como un Módulo adicionado al Sistema SCADA de Venta y Peaje. En tal caso, el Contratista deberá preparar una propuesta de implantación de la solución en entorno real, considerando la adaptación de los algoritmos para ser utilizados en casi tiempo real con los datos enviados por los equipos instalados en línea. El documento será una **Especificación Técnica** que describa de

forma detallada la arquitectura Hardware y Software recomendada, con los costes estimados para su implementación. Se contemplará un plan de implantación, con los costes asociados y las necesidades de licenciamiento.

Esta fase sólo se realizará en caso de ser requerida por Metro en base a los resultados obtenidos en las fases anteriores. En consecuencia su facturación está condicionada a su ejecución real.

En ningún caso se utilizará para el desarrollo del Módulo de Mantenimiento Predictivo, una arquitectura basada en servicios o almacenamiento en la nube, o en la tercerización total o parcial de los procesos.

4.4. FORMACIÓN

El contratista realizará una formación sobre las metodologías, ensayos y resultados obtenidos con una duración mínima de 15 Horas y para 10 asistentes.

5. RECURSOS TÉCNICOS

El Contratista será responsable de proporcionar la arquitectura hardware y software, incluidas licencias, así como todos los recursos técnicos que sean necesarios para la realización de los trabajos objeto del presente Pliego, que serán por cuenta del Contratista.

No se podrá utilizar para el desarrollo de los modelos, ni se planteará de cara a una posible implantación posterior, una arquitectura basada en servicios o almacenamiento en la nube.

Se deberán contemplar todos los recursos necesarios para la realización del modelo de análisis predictivo objeto de este Pliego. Metro no dotará con ningún tipo de infraestructura o recurso para desarrollar los trabajos objeto de esta licitación.

6. PLAZO Y CONDICIONES DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

El plazo de ejecución para este servicio es de **siete (7) meses**.

Los trabajos se ejecutarán previa presentación del contratista de un “Plan de Ejecución de los Trabajos” donde se detallen, sin carácter limitativo:

- Diagrama Gantt de ejecución detallando:
 - Fechas de las diferentes fases del proyecto.
- Recursos técnicos y humanos asignados a los trabajos en las diferentes fases del proyecto.

El Plan de Ejecución de los Trabajos deberá contemplar con detalle el desarrollo de los trabajos necesarios para la correcta supervisión y ejecución de los trabajos del contrato.

El Plan de Ejecución de los Trabajos podrá ser modificado por Metro de Madrid por motivos operativos, técnicos y/o de explotación.

6.1. CONFIDENCIALIDAD DE LA INFORMACIÓN

Metro pondrá a disposición del Contratista el conjunto de datos para la realización del modelo objeto de la presente licitación, por medio de una copia de la Base de Datos de SCADA y una extracción de Remedy para los datos correspondientes.

El Contratista podrá hacer uso del conjunto de datos única y exclusivamente para las tareas asociadas a esta licitación, siendo la propiedad de la información en todo momento de Metro de Madrid.

Para la realización de los trabajos objeto de esta licitación no se podrá recurrir a almacenamiento de los datos de Metro en la nube o cederlos a terceros.

6.2. ESTRUCTURA DE DATOS

Dado que el sistema SCADA de Venta y Peaje es la principal fuente de datos para la realización del modelo de análisis predictivo objeto de esta licitación, es de gran importancia para la correcta ejecución de los trabajos la comprensión por parte del Contratista de la información almacenada por el sistema y la estructura de la base de datos.

El Contratista deberá recibir como un punto de partida necesario para el proyecto una descripción detallada del modelo de datos de SCADA y la estructura de su base de datos, por parte del desarrollador del sistema SCADA de Venta y Peaje. Para ello deberá contactar con la empresa Indra Sistemas, como desarrollador del SCADA de Venta y Peaje.

Todos los costes asociados a la adquisición de los conocimientos necesarios sobre la base de datos del SCADA de Venta y Peaje serán por cuenta del Contratista, contemplando la generación de la documentación necesaria, la asesoría por parte del desarrollador sobre la estructura de base de datos del SCADA de Venta y Peaje, y cualquier otro coste relacionado con estas tareas.

El Contratista será responsable de realizar todas las gestiones necesarias para adquirir los conocimientos necesarios sobre la estructura de datos del SCADA de Venta y Peaje, debiendo asumir todos los costes asociados.

Por parte de Metro se hará entrega al Contratista, como referencia, de la última versión vigente del documento “ESPECIFICACIÓN DEL MODELO DE DATOS PARA VENTA”.

6.3. CONDICIONES DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

El Contratista designará una persona responsable de la ejecución de los trabajos, que será el único interlocutor con Metro para todas las cuestiones relacionadas con el desarrollo de los trabajos.

Se indicará en la oferta técnica los recursos humanos puestos a disposición para la correcta realización del contrato indicando la organización propuesta, la participación de dicho personal en cada una de las fases del proyecto y el % de disponibilidad en cada caso.

Como mínimo el perfil del responsable del servicio deberá cumplir los siguientes requisitos:

- Responsable del servicio, con titulación de Ingeniero superior o técnico, de más de 3 años trabajando específicamente en proyectos de aprendizaje automático, big data, u otros similares.

Los recursos humanos puestos a disposición para la realización correcta del contrato, estarán constituidos como mínimo por las siguientes personas, además del perfil anterior:

- Un técnico con titulación de Ingeniero superior o técnico, de 2 o más años trabajando específicamente en proyectos de aprendizaje automático, big data y con dedicación del 100% al proyecto. En caso de dedicación parcial, y/o por fases, se calculará de forma proporcional el nº de personas equivalente.

El Contratista estará obligado a atender los requerimientos de Metro de Madrid para la realización de reuniones de seguimiento y control de la ejecución de los trabajos del proyecto. El Contratista deberá definir en cada caso los interlocutores adecuados.

6.4. NORMAS GENERALES PARA LA REALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS

Los trabajos objeto del presente contrato se llevarán a efecto mediante la plena observancia y cumplimiento de todas las disposiciones jurídicas vigentes, actuales y futuras, que afecten a dichos trabajos, ya se trate de normas, reglamentaciones, ordenanzas, instrucciones o cualquier otro rango, y tanto tengan carácter o ámbito europeo, nacional, autonómico o local.

6.5. NORMAS DE METRO PARA LA REALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS

El contratista se compromete a realizar los trabajos teniendo en cuenta el cumplimiento de las normas vigentes de Metro, las cuales deberán hacer conocer a su personal responsable del servicio.

Estas normas, que se recogerán oportunamente, son las siguientes:

- Normas de maniobras de corte y reposición de Instalaciones Eléctricas.
- Normas para la seguridad de los agentes en relación con la circulación.
- Procedimiento de homologación de conductores de empresas externas.
- Normas de maniobras de corte y reposición Alta Tensión.
- Evaluación general de riesgos de lugares de trabajo.

- Manual de estilo para las comunicaciones establecidas con trenes y vehículos.

7. REQUISITOS DE SEGURIDAD, SALUD Y MEDIO AMBIENTE

7.1. CONDICIONES GENERALES EXIGIDAS EN MATERIA DE SEGURIDAD Y SALUD

El Contratista, como responsable de las condiciones de trabajo de su personal, estará directamente obligado a cumplir cuantas disposiciones, presentes o futuras, estuvieren vigentes en materia laboral, de seguridad social, de prevención de riesgos laborales y de medio ambiente, debiendo adoptar las medidas necesarias para asegurar la indemnidad, integridad y salubridad de la personas, así como prevenir cualquier tipo de accidentes que pudieran producirse con ocasión del cumplimiento del Servicio, sean cuales fueren las causas de los mismos. Esto se entenderá, referido, en su caso también, a todo el personal subcontratado a través de otras empresas, así como a los trabajadores autónomos y procedentes de ETTs que se contraten para determinados servicios asociados al objeto de este Pliego.

El Contratista dispondrá de los técnicos titulados cualificados en prevención que al respecto fueran precisos, arbitrando todas las medidas obligatorias al respecto.

El Contratista queda obligado a observar y hacer cumplir a todo su personal las normas de seguridad y salud en el trabajo que establezca la legislación, normativas vigentes así como los procedimientos que en materia de prevención laboral establezca Metro para sus propios trabajadores, conforme a la correspondiente documentación, preexistente o sobrevenida, que, a tal efecto, reciba de Metro. En caso de observar alguna discrepancia o incompatibilidad entre las normas y procedimientos de prevención de riesgos de aplicación y elaboración propia, respecto a los indicados por Metro como referencia en actividades de idéntica naturaleza, habrá de ser puesto de manifiesto para su análisis, discusión y resolución necesaria.

Especialmente:

- A) En materia de prevención laboral establecerá las medidas pertinentes relacionadas con la seguridad de las personas (usuarios y trabajadores).
- B) Muy especialmente, todos los trabajos que se realicen en locales, armarios de maniobra y otros cofres con componentes con riesgo eléctrico, se efectuarán dejando sin tensión los elementos próximos que pudieran ser objeto de riesgo y cuyo contacto fortuito pudiera dar lugar a accidentes.
- C) Para los períodos en los cuales las instalaciones quedan sin vigilancia o presencia del personal de mantenimiento, o cuando los componentes de seccionamiento eléctrico y mando de la instalación queden fuera del alcance de la vista del personal de mantenimiento, será preceptivo adoptar todas las medidas necesarias de señalización y cancela contra puestas en movimiento accidentales o maniobras no deseadas.
- D) Se utilizarán equipos de protección personal (EPI's) adecuados y herramientas especiales.

- E) Se deberá prestar especial atención al cumplimiento normativo sobre la de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto, RD 396/2006 e IG-12, que sean de aplicación.
- F) Se llevarán a cabo las diferentes reuniones que con carácter obligatorio y como coordinación de actividades empresariales que marca la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

7.2. CONDICIONES GENERALES EXIGIDAS PARA EL CUMPLIMIENTO EN MATERIA DE MEDIO AMBIENTE

Con el fin de minimizar el impacto medioambiental, no sólo se tendrá en cuenta la explotación y mantenimiento de los equipos, sino también su diseño, fabricación, selección y manipulaciones de materiales. Se considerará la afección al medio ambiente desde el origen del Proyecto, y toda solución técnica o estética será precedida de un riguroso análisis para la integración de los siguientes aspectos:

- Siempre que sea viable, se presentará la alternativa de diseño que genere menos emisiones, ruidos, vibraciones y/o radiaciones electromagnéticas; así como el menor consumo de agua y energético posible.
- Se proyectarán las instalaciones y metodologías necesarias para la correcta gestión de los residuos que se vayan a generar.
- Se proyectarán las medidas oportunas para evitar cualquier vertido de sustancias peligrosas.
- Se tendrá en cuenta que el horario de trabajo minimice las molestias que se pudieran ocasionar por ruido emitido al exterior.
- Se tendrá en cuenta el impacto visual negativo que pudiera tener la instalación/obra, tomando las medidas necesarias para disminuirlo.

En caso de que se vayan a instalar o diseñar equipos se valorará que:

- La fuente de energía sea renovable.
- La fuente de energía sea gas natural, hidrógeno o electricidad.
- El equipo no genere emisiones de gases contaminantes por combustión.
- El equipo no genere radiaciones electromagnéticas significativas.
- El equipo no genere ruidos ni vibraciones significativas.
- Se minimice el consumo de agua del equipo una vez inicie su actividad.

7.3. CONDICIONES EXIGIDAS EN MATERIA DE GESTIÓN DE RESIDUOS

La propiedad de los residuos generados en el servicio, será de Metro de Madrid. No obstante, será responsabilidad de la empresa contratada la disposición de los mismos, de acuerdo a la legislación vigente, en las instalaciones y condiciones que la Dirección de los trabajos prescriba.

8. DOCUMENTACIÓN Y SOFTWARE A ENTREGAR

El Contratista deberá hacer entrega del **Informe de Viabilidad de Implantación de Mantenimiento Predictivo en Máquinas de Venta** detallado en los apartados anteriores.

La documentación final será entregada a Metro en castellano, en soporte informático y en papel. El Contratista entregará la documentación en soporte informático al menos en formato editable de Microsoft Word.

SOFTWARE

- Conjunto de datos depurado para el análisis.
- Código fuente de los algoritmos empleados para:
 - Variable, Variables o Combinaciones de Variables (algoritmo de variables) de la Condición de Monitorización del Valor P y del Valor F.
 - Valor P de la Condición de Monitorización (valor concreto del algoritmo de variables que detona una actuación de mantenimiento ante el cercano fallo de la máquina).
 - Valor F de la Condición de Monitorización (valor concreto del algoritmo de variables que determina que la máquina ha fallado).

Los códigos fuente del algoritmo estarán comentados, al menos en castellano, para facilitar su correcta comprensión.

8.1. PROPIEDAD INTELECTUAL

Sin perjuicio de lo dispuesto por la legislación vigente en materia de propiedad intelectual y de protección jurídica en Tecnologías de la Información, el Contratista acepta expresamente que los derechos de explotación de las aplicaciones informáticas y de los programas desarrollados al amparo del presente contrato corresponden únicamente a Metro de Madrid, con exclusividad y a todos los efectos.

La propiedad intelectual de los códigos fuente del algoritmo diseñados corresponde a Metro de Madrid.

En este sentido, el Contratista se obliga a entregar a Metro de Madrid todos los programas, tanto en código fuente como ejecutables, ficheros de configuración, datos, cálculos implementados, procesos desarrollados y demás información empleada en el desarrollo del proyecto.

9. INDICADORES DE SERVICIO– PENALIZACIONES

Se aplicarán las penalizaciones descritas en el apartado 36 del Pliego de Condiciones Particulares.

10. PRESENTACIÓN DE LA OFERTA TÉCNICA

El Licitador identificará en su oferta los recursos humanos y los medios disponibles con los que cuenta para atender las necesidades del contrato. Las empresas licitadoras incluirán en su oferta al menos:

- Presentación comercial de la Empresa.
- Descripción de la Organización y los recursos humanos puestos a disposición para la realización de este servicio, incluyendo currículos.
- Propuesta de arquitectura hardware y software. Recursos técnicos detallados, puestos a disposición para la realización de los trabajos.
- Técnicas analíticas propuestas para la creación de los modelos.
- Plan de trabajos detallado, con indicación de los recursos humanos que participarán en cada una de las fases del proyecto y los plazos previstos.